

**Dopplersonographie und Angiographie bei
extracraniellen Prozessen der Arteria carotis
– ein Vergleich –**

Gisela Roemer

1980

Aus der neurologischen Abteilung des
Städtischen Krankenhauses München Harlaching

Chefarzt Prof. Dr. G. Paal

Dopplersonographie und Angiographie bei extracraniellen Prozessen der Arteria carotis – ein Vergleich –

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Gisela Roemer

aus

München

1980

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. Paal

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Mehnert

Dekan: Prof. Dr. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 10. 4. 1980



INHALT

	Seite
A Fragestellung	1
B Einleitung Der Schlaganfall	2
I Ursache	2
II Klinische Einteilung	2
III Risikofaktoren	3
C Untersuchungsmethoden	4
I Die Angiographie	4
1. Entwicklung	5
2. Information	5
3. Indikation	5
4. Untersuchungstechnik	6
II Die Ultraschall-Dopplersonographie	
1. Dopplereffekt	7
2. Untersuchungstechnik	7
3. Entwicklung	8
4. Delalande Gerät	8
5. Indikation	9
6. Untersuchungsablauf	9
D Patientenkollektiv	16

	Seite
E	Dopplersonographische Befunde
I	Treffsicherheit 18
	1. Bei Stenosen 18
	2. Bei Verschlüssen 18
II	Fehldiagnosen, bilaterale Prozesse 20
III	Kriterien 21
	1. allgemein
	2. speziell
	bei Verschlüssen 22
	bei Stenosen 22
	bei Mediaprozessen 23
	bei Schlingen 24
F	Fallbesprechung 25
G	Diskussion
I	Begründung der gewählten Methode 31
II	Technische Schwierigkeiten 33
III	Vergleich der gewonnenen Resultate mit den Ergebnissen in der Literatur
	1. Trefferquote, positive Korrelation 34
	2. Lumeneinengung 34
	3. Beurteilungskriterien 34
H	Zusammenfassung 37
J	Tabellarische Gegenüberstellung der pathologischen Untersuchungsergebnisse 38
K	Literaturverzeichnis 46

Aufgabe der Untersuchung war es, die Möglichkeiten der Ultraschall-dopplersonographie als Screeningmethode zum Nachweis extracranieller Gefäßprozesse bei Patienten zu prüfen, die wegen cerebraler Durchblutungsstörungen ins Krankenhaus eingewiesen wurden.

Da die Chancen für einen Patienten vor einem Schlaganfall mit massiven Ausfällen bewahrt zu werden umso größer ist, je früher eine Feststellung und Lokalisierung des Gefäßprozesses stattfindet, sollte in dieser Studie erarbeitet werden, inwieweit die Ultraschall-dopplersonographie hierzu einen brauchbaren Beitrag zu leisten vermag.

Da einem Großteil der Schlaganfälle warnende Ereignisse in Form von transitorischen ischämischen Attacken vorausgehen und sich hiervon wiederum ein hoher Prozentsatz der dem Ereignis zugrundeliegenden Gefäßprozesse im extracraniellen Teil der Carotisstrombahn abspielen und somit einer Operation zugänglich sind, wäre es besonders wichtig, dieses Patientenkollektiv mit evtl. dezentesten Hinweisen auf eine cerebrale Durchblutungsstörung einer möglichst ungefährlichen Diagnostik zur Abklärung des Geschehens zuzuführen.

Einen Beitrag dazu sollte diese Studie leisten. Es wurden gemeinsam mit P. Lehmann vom November 1976 bis Dezember 1977 ein Kollektiv von 200 Patienten mit Hinweis auf eine cerebrale Durchblutungsstörung dopplersonographische Untersuchungen am Städtischen Krankenhaus Harlaching durchgeführt.

Über diese Gesamtzahl berichtet P. Lehmann, der unsere dopplersonographischen Ergebnisse mit anderen Untersuchungsmethoden wie dem Elektroencephalogramm, der Hirnscintigraphie einschließlich Flow-Study und dem klinisch-neurologischen Befund vergleicht.

Aufgabe der hier vorgelegten Studie sollte es sein, die in diesem Kollektiv gleichzeitig durchgeführte Carotisangiographie mit den von uns erhobenen dopplersonographischen Befunden zu vergleichen und zu beurteilen, wie hoch die Aussagekraft der Dopplersonographie gemessen an den angiographischen Ergebnissen ist.

In der Bundesrepublik Deutschland stellen cerebrovasculäre Krankheiten die dritthäufigste Todesursache dar und haben in den letzten Jahrzehnten erheblich zugenommen (8). Es konnte festgestellt werden, daß die Hauptursachen der cerebralen Infarkte im Versorgungsbereich der Arteria carotis extracraniell liegen (5, 7). PASCH (22) gibt an, daß 25% bis 30% der cerebralen Durchblutungsstörungen durch Strombahnhindernisse im extracraniellen Anteil der Arteria carotis interna zu finden sind. Dies bedeutet, daß sie einer evtl. Operation zugänglich sind.

I Hutchinson (1) begründet diese Tatsache folgendermaßen:

1. Wegen der Funktion des Sinus-Reflex-Mechanismus ist dieser Gefäßanteil weiter als die benachbarten zentralen und peripheren Abschnitte. Er ist darum Ort größerer Dehnungskräfte und folglich häufigerer Wandschädigungen.
2. Da er ein Ort einer aneurysmaähnlichen Gefäßverweiterung im Bifurcationsbereich einer großen Arterie ist, kommt es durch Turbulenzen und Wirbelbildungen zu Mikrotraumen am Gefäßendothel und damit zur Ablagerung kleiner Thromben.

II Anlaß zur Untersuchung war für uns ein cerebraler Insult mit dem Verdacht auf eine ischämische Ursache: eine "transitorische ischämische Attacke" (TIA), mit einer Dauer von Sekunden bis zu 24 Stunden, eine "prolonged reversible ischemic neurological deficit" (PRIND) von über 24 Stunden Dauer, einem "progressive stroke" und schließlich einem kompletten Hirninfarkt. Auf Risikofaktoren, die als Ursache eine mitbestimmende Rolle spielen könnten, wird in der oben erwähnten Studie von P. Lehmann näher eingegangen.

III Hypertonie, Herzkrankheiten, Diabetes mellitus, Hyperlipidämie, Hyperurikämie (8) und Nikotinabusus sowie bei Frauen Ovulationshemmer. Eine Häufung dieser Faktoren in diesem Kollektiv gegenüber der Normalbevölkerung in verschiedenem Ausmaß konnte nachgewiesen werden.

Die mit dem Ultraschall-Dopplersonogramm von uns erhobenen Befunde wurden mit den carotisangiographischen Befunden verglichen.

Eine Angiographie erfolgte im untersuchten Gesamtkrankengut nur dann, wenn im Einzelfall hieraus eine therapeutische Konsequenz zu erwarten war, also nur in jenen Fällen, die primär narkosefähig erschienen und wo eine gefäßchirurgische Intervention zur Diskussion stand. Dann allerdings wurde eine Panangiographie der Hirngefäße durchgeführt.

Im folgenden soll ein kurzer Überblick über die historische Entwicklung, das technische Vorgehen und die Informationsmöglichkeiten dieser beiden Untersuchungsmethoden gegeben werden.

I Die Angiographie



Abb.: 1

Unauffällige
Carotisangiographie

1. Entwicklung

Die röntgenologische Darstellung der intracraniellen Gefäße mittels Kontrastmittel wurde 1927 als klinische Methode durch MONIZ eingeführt.

Die Punktion der Arteria carotis erfolgte zunächst nach operativer Freilegung. Ende der Dreißiger Jahre wurde die percutane Punktionstechnik entwickelt (Schaltenbrand, Shimuduzu, Wolff). Als Kontrastmittel verwendete Moniz (15) anfänglich eine 20 bis 25%ige Natrium-Jodidlösung, später wurde Thorotrast verwendet. Es folgte dann die Entwicklung und Benutzung diodierter und heute triodierter Kontrastmittel.

2. Information

Die angiographische Untersuchung informiert über folgende pathologische Vorgänge im Schädelinneren:

1. Massenverschiebung mit Lageveränderungen der Gefäße;
2. Formveränderungen von Gefäßen und deren Kaliber;
3. Gefäßneubildungen und/oder verstärkte Vascularisationen (Luxusperfusion);
4. anormal angelegte Gefäße;
5. Gefäßverschlüsse.

3. Indikation

Als Indikation für die Untersuchung gilt der Verdacht auf:

1. Gefäßverschluß oder Stenose
2. Gefäßmißbildungen
3. Intracranielle Raumforderung.

4. Untersuchungstechnik

Die Carotisangiographie erfolgte fast immer indirekt über einen Gefäßkatheter über der Arteria femoralis (6) (26), nur in Ausnahmefällen wurde eine direkte Punktion der Arteria carotis communis bzw. Arteria carotis durchgeführt. Die Untersuchung wurde meist in Lokalanästhesie nach Sedierung des Patienten, selten in Allgemeinnarkose ausgeführt.

II Die Ultraschall-Dopplersonographie

1. Dopplereffekt

Die physikalische Grundlage der Ultraschall-dopplersonographie ist der Dopplereffekt, der 1847 von Christian Doppler (7) in den "Abhandlungen der königlich-böhmischen Gesellschaften der Wissenschaften" beschrieben wurde. Man versteht darunter die Frequenzänderung, die entsteht, wenn eine Wellenquelle und ein Empfänger sich einander nähern oder voneinander entfernen. Dieser Effekt kann in der Ultraschalldiagnostik zur percutanen Feststellung der Blutströmung in Gefäßen benutzt werden (25).

2. Untersuchungstechnik

Setzt man eine mit getrennten Sender- und Empfängerkristallen ausgestattete, kontinuierlich Ultraschallwellen aussendende Sonde über einem gestreckt verlaufenden Blutgefäß auf, so wirken die beweglichen Blutkörperchen als Reflektoren.

Setzt man die Sonde in einem Winkel von 35 - 55 Grad (Delalande) auf, so hat die Geschwindigkeit der Erythrozyten bei diesem nichtorthogonalen Beschallungswinkel einen Vektor in der Achsenrichtung der Sonde. Somit ändert sich die reflektierte Ultraschallenergie in Abhängigkeit vom Pulsschlag und wird vom Dopplersonographen als ein akustisches und ein elektrisches Signal wiedergegeben (16), welches durch Verstärkung graphisch in Form einer Pulskurve dargestellt werden kann, die durch die (11) Frequenzänderung in Zusammenhang mit der mittleren Strömungsgeschwindigkeit zustande kommt und welche so eine Aussage hierüber zuläßt. Die Nulllinie, die läuft, wenn kein Blut fließt, gibt die Möglichkeit, im Abstand zu ihr das Ausmaß des diastolischen und systolischen flows und zusätzlich die Strömungsrichtung zu beurteilen. Anhand von Kurvenbild, akustischen Signalen und mittlerer Strömungsgeschwindigkeit lassen sich Aussagen über Verschlüsse, Stenosen, eventuell auch über Schlingen und Turbulenzen machen.

3. Entwicklung

Eingeführt wurde der Ultraschallsonograph 1960 von Satomura (27) und Franklin (9) (18).

Die ersten cardialen Dopplerpulscurven wurden 1966 von Myazalu (14) publiziert. 1968 zeichneten Brinker et al. (4) durch Filterung 4 Frequenzkomponenten auf. Sie fanden dabei, daß bei Vorliegen einer Stenose die hohen Frequenzen über dem betroffenen Gefäßabschnitt zunehmen.

Maroon et al. (13) beschrieben 1969, wie sie durch Ableiten über dem Bulbus oculi Aufschluß über die Circulation der Carotis interna erhielten.

Einen entscheidenden Fortschritt, besonders auch für die zuletzt erwähnte Methode der Ableitung über dem Bulbus oculi, bedeutete die Entwicklung eines direktionellen Doppler-Ultraschallgeräts 1969 durch Pourcelot (25) (16). Ein Gerät dieser Art (Débimètre ultrasonique Delalande) wurde auch von uns verwendet. Es beruht auf folgendem Prinzip (19):

4. Delalande-Gerät

Vom Sendeteil der Sonde wird eine Ultraschallfrequenz von 4 kHz abgestrahlt. Die reflektierte und vom Empfängerteil der Sonde aufgefangene Schwingung wird auf 2 Verstärker gegeben. Diesen wird vom Oszillator auch die Sendefrequenz von 4 kHz, und zwar mit einer Phasenverschiebung von 180° , für die beiden Kanäle zugeleitet. Nach Amplitudendetektion liefert jeder Verstärkerausgang dieselbe Dopplerfrequenz f_D , der eine jedoch in positiver, der andere in negativer Phasenablage, entsprechend dem Vektor der Strömungsgeschwindigkeit, in Bezug auf die Bildung des eingestrahltten Schallbündels. Nach Verstärkung gelangen die beiden Dopplersignale auf 2 Schmitt-Trigger (ST). Der eine davon ST Nr. 1 steuert mit Anstiegs- und Abfallflanke je einen monostabilen Multifibrator (MMV). Die beiden 180° verschiedenen MMV Signale gelangen auf die Eingänge von 2 Und-Toren, deren zweiter Eingang von ST Nr. 2 gesteuert ist.

So können Signale, die bei einer gegebenen Blutströmungsrichtung entstehen, nur eine der beiden Torschaltungen passieren. Kehrt die Strömungsrichtung um, so wird sie durch die andere Torschaltung weitergeleitet. Die Zusammenschaltung der beiden Torausgänge liefert also je nach Richtung der Blutströmung in Bezug auf die Schallsonde eine positive oder eine negative Strömung, deren Amplituden jeweils proportional zu f_D und damit zur Strömungsgeschwindigkeit sind (16).

5. Indikation

Keller und Baumgartner (11) geben folgende Fragestellungen als Indikation zur Untersuchung mit dem Ultraschall-Dopplersonographen an:

- Sind transiente oder etablierte cerebrovasculäre Symptome auf eine Stenose oder Occlusion in der Arteria carotis zurückzuführen?
- Welches ist der hämodynamische Stellenwert einer Stenose, die sich auskultatorisch bemerkbar macht und neurologisch keine Anhaltspunkte liefert?
- Welches ist die Wirkung einer Endarteriektomie im extracraniellen Abschnitt der Arteria carotis interna auf die Hämodynamik? Treten Früh- oder Spätkomplikationen in Form von Rethrombosierungen auf?

6. Untersuchungsablauf

- 6a Der normale Untersuchungsablauf besteht in einer Exploration der Arteria carotis communis, der Bifurcation der Arteria carotis interna und externa und der Arteria frontalis (beziehungsweise der Arteria ophthalmica) beidseits.

Die Sonde wird am Hals etwas über dem Sternoclaviculargelenk aufgesetzt. Eine gewisse praktische Schwierigkeit besteht beim Ansetzen der Sonde in der Herstellung und Stabilisierung der optimalen Lagebeziehung zwischen Meßkopf und dem zu untersuchenden Blutgefäß (22).

Um einen guten Kontakt zwischen Ultraschallsonde und Haut herzustellen und die Totalreflexion des Ultraschalls durch die Luft zu vermeiden, wird eine Kontaktpaste appliziert. Unter optischer und akustischer Kontrolle (12) des Dopplersignals sucht man maximale Frequenz und Amplitude auf (18). Nun kann man mittels eines Schreibers eine graphische Kurve aufzeichnen, die für die weitere Auswirkung und für Dokumentationszwecke wichtig ist. Der Verlauf der Arteria carotis interna und externa werden durch Verschieben entlang ihrer Verlaufsstrecke verfolgt, akustisch beurteilt und aufgezeichnet. In entsprechender Weise verfährt man mit den Augengefäßen. Die Arteria frontalis media wird im medialen Kanthus abgeleitet (12), die Arteria ophtalmica durch Aufsetzen der Sonde über dem Bulbus oculi.

Entscheidend für die Beurteilung ist der Seitenvergleich. Da insbesondere die Höhe der dopplersonographischen Kurve von Blutdruckhöhe, Gewebedicke über dem zu beschallenden Gefäß und weiteren, später näher zu erörternden individuellen Faktoren mit beeinflußt wird, exploriert man nun auch die Gegenseite.

Während man über der betroffenen Stelle (häufig ist es die Teilungsstelle der Arteria carotis communis in Arteria carotis interna und Arteria carotis externa beziehungsweise der Beginn der Verlaufsstrecke der Arteria carotis interna) direkte Zeichen einer Stenose eruieren kann, erlaubt die Exploration der über die Arteria ophtalmica, physiologischerweise von der Arteria carotis interna gespeisten Arteria frontalis media eine weitere, indirekte Aussage über die hämodynamischen Verhältnisse im extracraniellen Abschnitt der Carotiden (13).

Die Möglichkeit einer Umkehr der Strömungsrichtung ist schon aus der früheren Periode des Angiogramms (Moniz (15)) bekannt. Über fronto-orbitale Endäste der Arteria ophtalmica anastomosiert die ipsilaterale Arteria carotis interna mit der Arteria temporalis superficialis (11) oder der Arteria maxillaris externa, einem Seitenast der Arteria carotis externa (18), was bei der durch die Lumeneinengung bedingten Druckverminderung zu einer Umkehr der Durchströmung führen kann, die sich im direktionalen Dopplergerät anzeigt.

6b Kompression

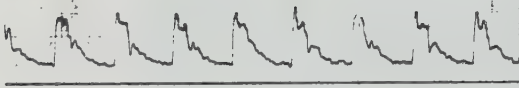
Zur weiteren Differenzierung des Kollateralkreislaufs mit und ohne Umkehr der Durchblutung dient die Kompression der Äste der Arteria carotis externa bei gleichzeitiger Registrierung der Arteria frontalis media. Dabei wird die Arteria facialis vor dem Masseter im Mandibulabereich oder über den Corpus maxillare, die Arteria temporalis superficialis präauriculär über dem Processus zygomaticus des Os temporale (11) komprimiert. Normalerweise muß die Amplitudenhöhe gleichbleiben oder leicht größer werden, da der Gegendruck aus dem Kollateralkreislauf wegfällt. Bei einem Strömungshindernis im Interna-Bereich kann die Amplitude bei Kompression

1. deutlich ansteigen, wenn der Durchblutungsdruck nach der Stenose erst dann ausreicht, eine physiologische Durchströmungsrichtung zu produzieren, wenn der Gegendruck des Kollateralkreislaufs ausgeschaltet ist bzw.
2. sinken, bei invasivem flow;
3. kehrt sich die Blutstromrichtung um, wenn vorher eine retrograde Füllung bestand, die erst durch Wegnahme des Gegendrucks, der vom Kollateralkreislauf ausgeht, wieder in physiologische Strömungsrichtung gekehrt werden kann (16) (11).

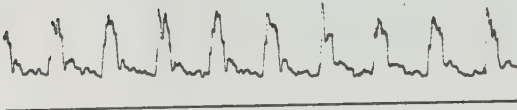
Bestand vor der Kompression eine Umkehr des Blutflusses und wird bei Unterdrücken der Äste der ipsilateralen Arteria carotis externa eine isoelektrische Linie registriert, so spricht das für eine hochgradige Stenose oder einen kompletten Verschluß der Arteria carotis interna.

6c Graphische Darstellung

Die Dopplerpulscurve, als graphische Darstellung der Blutströmungsgeschwindigkeit, zeichnet entsprechend der Pulscurve einen systolischen, bis zu einem Maximum ansteigenden und diastolisch abfallenden flow auf. Die Wellenform bei jugendlichen gesunden Personen zeigt zwei systolische Wellen mit gut sichtbarer Inzisur und mehrere dikrote diastolische Wellen.



Arteria carotis communis



Arteria carotis interna



Arteria carotis externa



Arteria frontalis media

Abb. 2: Dopplerpulskurven eines gefäßgesunden Probanden

Bei älteren Personen verwischen sich die Konturen je nach Gefäßzustand mehr und mehr. Es kommt so zu einem weniger deutlichen Hervorheben der systolischen Wellen und der beim Jugendlichen deutlichen nachfolgenden Inzisur. Mit wachsendem peripheren Widerstand, der z.B. durch stenosierende Veränderungen im weiteren Verlauf des untersuchten Gefäßes zustande kommt, sinkt der diastolische flow. Weiteres Anwachsen dieses Widerstandes führt zur Senkung auch des systolischen flows (19). Bei einem weitverzweigten Kollateralkreislauf kann es als Zeichen der Abnahme des Widerstands zu einem Ansteigen des diastolischen flows kommen. Als Parameter für die Beurteilung der Strombahn dienen:

Die Pulskurve

1. der Arteria ophtalmica bzw. der Arteria frontalis media in Amplitudenhöhe mit eventuellen Seitenunterschieden, Richtung und Beeinflussbarkeit durch eine Kompression der Äste der Arteria carotis externa,
2. systolischer, diastolischer flow, Seitendifferenzen, Kurvenbild und akustische Signale der Arteria carotis communis, externa und interna (18).

Ortega-Suhrkamp (21) definiert die verschiedenen Grade der Lumeneinengung wie folgt:

Leichtgradige Stenosen entsprechen einer Lumeneinengung von 50 - 60%. Im Dopplersonogramm bewirken sie eine geringgradige Amplitudenerhöhung. Mittelgradige Stenosen entsprechen einer Lumeneinengung von 70% und stellen sich im Dopplersonogramm als Turbulenzen dar. Hochgradige Stenosen entsprechen einer Lumeneinengung von 90% und führen in der dopplersonographischen Darstellung zu einem significant verminderten flow an der Arteria frontalis media.

Im einzelnen stellen sich die zu eruierenden Gefäßprozesse im extracraniellen Carotiskreislauf folgendermaßen dar:

Stenose der Arteria carotis interna

Bei einer Stenose der Arteria carotis interna findet sich je nach Ausmaß der Einengung eine mehr oder weniger ausgeprägte Erniedrigung des diastolischen flows (23) in der Arteria carotis communis. Direkt über der Stenose hört man ein zischendes (18) akustisches Signal und sieht eine erhöhte Geschwindigkeit des Blutflusses. In der graphischen Aufzeichnung finden sich außerdem Zeichen von Turbulenzen vor und nach der Stenose (gezacktes, vorwärts und rückwärts fließendes Kurvenbild, entsprechend der nicht mehr laminären Strömung kommt es zur Wirbelbildung). Poststenotisch ergibt sich aus dem verminderten Druck ein verminderter Blutfluß. Als Folge ist in diesem Bereich der ansteigende Teil der Welle weniger steil und in dem Anteil des nach oben gerichteten Ausschlages entsprechend vermindert.

Der flow der Arteria frontalis media kann je nach Ausmaß der Stenose und der sich daraus ergebenden hämodynamischen Situation erniedrigt sein; bei hochgradiger Stenose mit gut ausgebildetem Kollateralkreislauf ist die Kurve jedoch meist isoelektrisch oder verläuft in umgekehrter Richtung. Bei Kompressionen der Äste der Arteria carotis externa ergibt sich nicht selten eine Umkehrung in die physiologische Strömungsrichtung (11), was zeigt, daß der poststenotische Druck erst bei fehlendem Gegenströmungsdruck ausreicht, um selbst eine massive Strömung zu erzeugen (11).

Der flow der Arteria carotis externa selbst ist erhöht, bedingt durch den erniedrigten peripheren Widerstand aufgrund des stärker zur Wirkung kommenden Kollateralkreislaufes (24) (23).

Verschluß der Arteria carotis interna

Beim Verschluß der Arteria carotis interna vor dem Abgang der Arteria ophtalmica ist die diastolische Geschwindigkeit des Blutflusses in der Arteria carotis communis deutlich erniedrigt, manchmal bis zum Fehlen des diastolischen flows. Die Arteria carotis interna ist nach dem Verschluß ohne Signal (24).

Proximal davon findet sich häufig ein typisches blubberndes Geräusch. Initial nach einem Verschuß der Arteria carotis interna ist die Arteria frontalis media und ophtalmica gelegentlich ohne Signal und die Arteria carotis externa mit normaler Amplitude. Verläuft die Strömung der Arteria frontalis media in umgekehrter Richtung, so ist der flow der Arteria carotis externa im Zusammenhang mit dem ausgebildeten Kollateralkreislauf erhöht (24). Bei ipsilateraler Kompression der Kollateralen über die Seitenäste der Arteria carotis externa kann die Ableitung der Augengefäße eine isoelektrische Linie ergeben, da ja im Gegensatz zur Stenose keinerlei Durchblutung über die Arteria carotis interna mehr erfolgen kann.

Patientenkollektiv

Unter dem Gesamtkollektiv von 200 Patienten fanden sich 60 Kranke, die nach dem ischämieverdächtigen cerebralen Insult dopplersonographisch und angiographisch untersucht wurden.

Wir untersuchten diese Patienten in der Zeit vom November 1976 bis Dezember 1977. Die vorliegende Untersuchung umfaßt das Kollektiv der 60 auch angiographierten Kranken.

Unter den jüngsten Patienten befanden sich ein Mann von 34 und eine Frau von 36 Jahren. Der älteste Patient in dieser Gruppe war 77 Jahre alt.

Aufgeschlüsselt nach dem Geschlecht stehen 16 Frauen einer Gruppe von 44 Männern gegenüber.

Die neurologische Symptomatik erstreckte sich von dezenten Symptomen wie flüchtigen Anfällen von Schwindel und Parästhesien bis zum voll ausgeprägten Bild eines kompletten Hirninfarkts mit Hemiplegie und Aphasie.

Gemäß der üblichen neurologischen Einteilung bei cerebralen Insulten unterteilten wir das Patientenkollektiv je nach Schweregrad des klinischen Erscheinungsbildes in vier Klassen:

- Transitorische Ischämische Attacken (TIA),
- prolongierter reversibler Insult (prolonged reversible ischemic neurological deficit PRIND),
- progredienter Hirninsult (progressive stroke) und
- kompletter Hirninfarkt (completed stroke) (8).

Die meisten ischämischen Ereignisse waren durch arteriosklerotische Wandveränderungen bedingt. Als für die Arteriosklerose wesentliche Risikofaktoren gelten derzeit folgende: Hypertonie, Diabetes, Hyperlipidämie, Hyperuricämie, Nikotinabusus und Adipositas sowie bei Frauen Ovulationshemmer. Sie waren auch in diesem Kollektiv gehäuft anzutreffen.

An den 60 Patienten wurden 69 dopplersonographische Untersuchungsbefunde an den zum Teil beidseitigen Gefäßprozessen erhoben, die angiographisch weiter abgeklärt wurden.

64 davon entfallen auf den extracraniellen Carotiskreislauf. 5 auf die Mediastrombahn. Das Angiogramm lieferte bei 30 Patienten 38 dopplersonographische pathologische Befunde im extracraniellen Verlauf der Arteria carotis, z.T. beidseitig. Unter ihnen fanden sich 18 Stenosen, davon 6 hochgradige Einengungen und 20 Verschlüsse. 22 Prozesse verliefen einseitig, 8 bzw. 16 bilateral. Bei 26 der untersuchten Patienten fand sich extracraniell kein pathologischer Prozeß im Sinne einer lokalisierten Lumeneinengung. Es waren jedoch 4 Patienten, bei denen man einen geschlängelten Verlauf der extracraniellen Arteria carotis eruierte.

Die Korrelation der bisher aufgeführten mit den dopplersonographischen Befunden ergab folgendes Ergebnis:

I. Treffsicherheit (Übereinstimmung zwischen dopplersonographischen und angiographischen Befunden)

Insgesamt konnte eine Übereinstimmung zwischen Dopplersonographie und Angiographie von 90,5% erzielt werden.

Dabei ist die Korrelation der Patienten, bei denen weder dopplersonographisch noch angiographisch ein pathologischer Befund im extracraniellen Bereich erhoben werden konnte, 100%. Es wurden also keine falsch positiven Befunde erhoben.

Bei pathologischen Befunden ergab sich eine Übereinstimmung von insgesamt 81% mit unterschiedlichen Ergebnissen je nach Ausmaß der Lumeneinengung.

1. Stenosen

Bei den angiographisch gesicherten 18 Stenosen standen die Ergebnisse zu insgesamt 78% in Übereinstimmung. 14 Stenosen wurden dopplersonographisch erkannt, 4 nicht.

Betrachtet man aus dieser Gruppe die 6 hochgradigen Stenosen gesondert, so findet man eine Korrelation von 83% bei 5 richtig und einem falsch erhobenen dopplersonographischen Befund.

2. Verschlüsse

Von den 20 angiographisch gesicherten Verschlüssen (19 im Arteria carotis interna, einer im Arteria carotis communis-Bereich) wurden insgesamt 85% auch mit dem Dopplergerät gefunden. Es waren dies 17 richtige und 3 falsche Ergebnisse.

Korrelation Angiogramm - Dopplersonographie

Diagnose	Positiver Angiobefund	Positiver Dopplerbefund	Über- einstimmung
Internastenose	18	14	78%
hochgradig	6	5	83%
Internaverschluß	20	17	85%
unilateral	22	22	100%
bilateral	16	9	56%

II. Fehldiagnosen, bilaterale Prozesse

Die nicht mit dem Angiogramm übereinstimmenden Befunde entfielen auf die 8 Patienten mit insgesamt 16 beidseitigen Gefäßprozessen, von denen überhaupt nur ein Patient vollständig, d.h. an beiden Carotiden richtig diagnostiziert wurde, während bei 7 Patienten jeweils nur eine Seite als pathologisch erkannt wurde.

Aufschlüsselung der Fehldiagnosen bei bilateralen Prozessen

Anzahl (n) Patient	Seite der Fehldiagnose	Gegenseite (richtige Diagnose)
3	leichtgradige Internasthenose	Internaverschluß
1	hochgradige Internasthenose	Internaverschluß
2	Internaverschluß	hochgradige Internasthenose
1	Internaverschluß	Internaverschluß

An Kombination der verschiedenen Arten von Strömungshindernissen war einmal ein beidseitiger Verschluß, 7 mal auf der einen Seite ein Verschluß, auf der Gegenseite eine Stenose vorhanden.

Die Fehldiagnosen entfielen auf 3 leichte und eine hochgradige Stenose. Bei letzterer war auf der Gegenseite ein Verschluß. Außerdem wurden 3 Verschlüsse nicht erkannt bei denen die gegenseitigen Prozesse ein Verschluß bzw. 2 mal eine hochgradige Stenose waren.

III Kriterien

Folgende Kriterien wurden zur Beurteilung herangezogen und werden hier nochmals zusammengefaßt kurz erläutert:

1. Arteria frontalis media erniedrigt.

Durch eine Lumeneinengung der Arteria carotis interna bzw. der Arteria carotis communis im Bereich vor dem Abgang der Arteria ophtalmica von 70% und mehr, kommt es zu einer Minderdurchblutung auch der Arteria frontalis media. Diese ist erst als significant zu bezeichnen, wenn sie 40% übersteigt.

2. Umkehr der Arteria frontalis media

Der Druckgradient in der Arteria carotis interna sinkt bei hochgradiger Stenose bzw. Verschuß des Gefäßes. Ist ein gewisses minimales Druckvolumen erreicht und nicht über den Circulus Willisi kompensiert, so wird ein Kollateralkreislauf über mit Endästen der Arteria carotis interna anastomosierende Seitenäste der Arteria carotis externa eröffnet. Bei entsprechenden, durch hochgradige Stenose oder Verschuß der Arteria carotis interna bedingten Druckverhältnissen wird die Arteria ophtalmica bzw. frontalis media retrograd durchströmt, was über den Richtungsanzeiger des Dopplersonographen abzulesen ist.

3. Typisches Geräusch von Stenose bzw. Verschuß

Am Strömungshindernis entstehen Turbulenzen, die ein sehr typisches akustisches Signal und ein unregelmäßiges Kurvenbild erzeugen.

4. Typisches Geräusch über der Stenose

Ein ausdrucksvolles zischendes akustisches Signal, das durch das mit erhöhter Geschwindigkeit durch das verkleinerte Lumen fließende Blut erzeugt wird.

5. Kein Signal über und nach einem Verschuß.

6. Kurve poststenotisch erniedrigt

Dieses Bild ist das Korrelat zu der verminderten Blutversorgung nach einer hämodynamisch wirksamen Stenose.

7. Diastolischer flow in der Arteria carotis communis erniedrigt.

8. Flow der Arteria carotis externa erhöht

Kompensatorisch für die verminderte Durchblutung der Arteria carotis interna übernimmt die Arteria carotis externa mit ihren Anastomosen in einem Kollateralkreislauf einen Teil des Versorgungsgebietes der Arteria carotis interna.

Die angeführten Kriterien waren wie folgt auf die einzelnen Gefäßprozesse verteilt:

Bei Verschlüssen

Bei den 17 Verschlüssen, die dopplersonographisch gefunden wurden, war der flow der Arteria frontalis media 7 mal vermindert, was 41% entspricht; 7 mal war die Arteria frontalis media in ihrer Durchströmungsrichtung umgekehrt (41%). Bei der zusätzlich durchgeführten ipsilateralen Kompression der Arteria temporalis superficialis zeigten von diesen 4 Patienten (57%) eine isoelektrische Linie. In allen 17 Fällen konnte man nach dem Verschluß kein Signal ableiten. 9 mal war die Durchblutung der Arteria carotis externa kompensatorisch gesteigert (53%).

Bei Stenosen

Bei den Stenosen werden wieder die 5 hochgradigen Stenosen gesondert betrachtet. 2 mal war die Arteria frontalis media signifikant erniedrigt, 3 mal (60%) bot sich das Bild einer Umkehr der Arteria frontalis media. Unter diesen konnte der Blutfluß bei Kompression der ipsilateralen Arteria temporalis superficialis 2 mal wieder in physiologischer Richtung erfolgen. In allen 5 Fällen (100%) fand man lokale Stenosezeichen. Bei 4 (80%) war der flow poststenotisch deutlich vermindert. In einem Fall fand man einen erhöhten flow der Arteria carotis externa.

Bei den übrigen 9 Stenosen mit relativ geringfügiger Lumeneinengung war in 3 Fällen (33%) die Arteria frontalis media erniedrigt, in 6 Fällen (66%) ein typisches Stenosegeräusch hörbar. 3 mal war der flow der Arteria carotis interna poststenotisch nach einer hämodynamisch wirksamen Stenose erniedrigt.

Verteilung der Beurteilungskriterien

	leichtgradige Stenosen n = 9	hochgradige Stenosen n = 5	Verschlüsse n = 15
lokale Zeichen bei Stenose bzw. Verschluß	6 (66%)	5 (100%)	17 (100%)
poststenotischer flow ↓	3 (33%)	4 (80%)	
Arteria frontalis med. ↓	3 (33%)	2 (40%)	7 (41%)
Arteria frontalis med. Umkehr	0	3 (60%)	7 (41%)
+ Kompression → physiolog.		2 (≅ 66%)	1 (≅ 14%)
+ Kompression → 0			4 (≅ 57%)
Arteria carotis externa ↑	2 (22%)	1 (20%)	9 (53%)
Arteria carotis communis ↓	2 (22%)	2 (40%)	7 (41%)

Bei Mediaprozessen

Von 5 Prozessen im Verlauf der Arteria media fand man 2 mal Hinweise auch im Dopplersonogramm und zwar in Form einer erhöhten Amplitude der Arteria ophtalmica und frontalis media auf der gleichen Seite, was dadurch erklärt werden kann, daß der Abfluß über die Arteria cerebri media hochgradig eingeschränkt oder unmöglich ist und das Blut sich seinen Weg über die Arteria ophtalmica sucht.

Bei Schlingen

Bei Patienten, bei denen sich sonst kein nennenswerter Befund erheben ließ, erkannte man im Angiogramm 4 Fälle mit geschlängeltem Verlauf der Arteria carotis extracraniell, von denen 3 auch im Dopplersonogramm eruiert wurden. Schlingen spielen für cerebrale Durchblutungsstörungen insofern eine Rolle, als es durch einen vermehrt geschlängelten Verlauf zu einem sogenannten Kinking und somit zu einer funktionellen Stenose kommen kann.

Fallbesprechung

Im folgenden werden 2 Fälle ausführlicher besprochen:

1. Anamnese

Es handelt sich um eine 74jährige Patientin in einem altersentsprechend guten Allgemeinzustand. An Risikofaktoren fanden sich eine cardiale Arrhythmie, eine Hyperurikämie und mäßiges Rauchen (5 bis 10 Zigaretten pro Tag). Sie war bisher immer gesund gewesen. 1 Woche vor der Untersuchung trat eine Parese des rechten Armes auf und die Sprache wurde verwaschen. Die Symptomatik nahm im Verlauf von 2 Tagen zu und war zum Zeitpunkt der Untersuchung im Abklingen begriffen.

Befunde:

Dopplersonographisch ergab sich folgender Befund: Arteria frontalis media rechts mit hohen systolischen Amplituden, Arteria frontalis media links mit nur geringen Ausschlägen, jedoch ebenfalls physiologischer Strömungsrichtung. Über der linken Arteria carotis communis normale systolische Ausschläge mit deutlicher Verminderung des diastolischen flows, dann deutlich höhere Amplituden und Stenosesignal über dem Bulbus, deutliche Wirbelbildung über eine Strecke von 2 cm, danach Arteria carotis interna mit etwas abgeflachter systolischer Amplitude, jedoch deutlicher diastolischer flow-Komponente. Rechts unauffälliger Befund von der Arteria carotis communis proximalwärts über den Bulbus bis zur Arteria carotis interna. Nach der Bifurcation deutliche Wirbelbildung und Stenosesignal der Arteria carotis externa, poststenotisch wieder annähernd normale Kurve der Arteria carotis externa.

Beurteilung:

Deutliche Strömungsminderung der linken Arteria carotis interna nach einer hochgradigen Abgangsstenose. Signifikante Seitendifferenz zwischen Arteria frontalis media rechts und links.

Die angiographische Untersuchung ergab folgenden Befund:

Filiforme Stenose der linken Arteria carotis interna
1 cm cranial der extracraniell gelegenen
Carotisgabel mit poststenotischer Dilatation und ohne
wesentliche Zirkulationsverzögerung. Die intracranie-
llen Äste der linken Arteria carotis interna sind bezüglich
ihres Verlaufes und Kalibers regelrecht.

Lumeneinengung der rechten Arteria carotis externa
unmittelbar nach ihrem Ursprung. Regelrechtes Kaliber
der extracraniellen Verlaufsstrecke der rechten Arteria
carotis interna sowie deren Endäste.

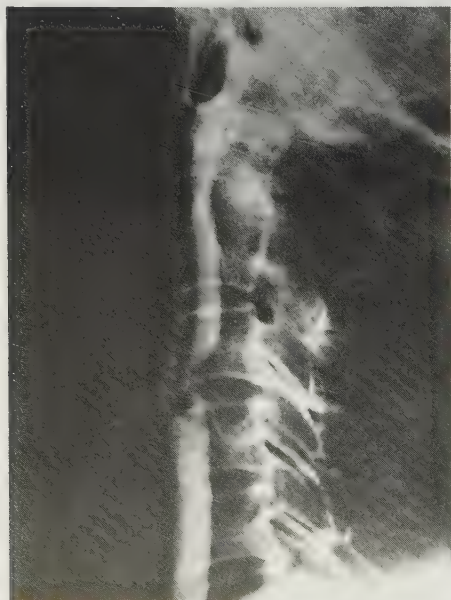
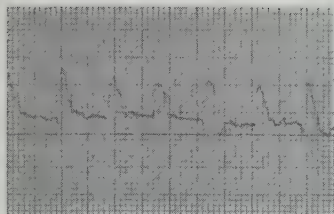
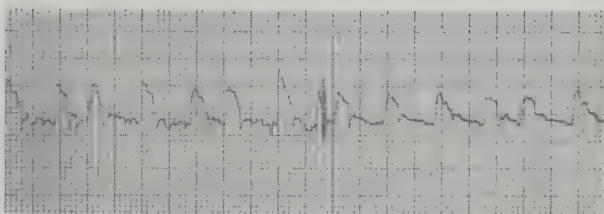


Abb. 3:

filiforme Stenose
Arteria carotis interna

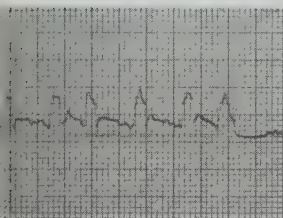


Arteria carotis communis links

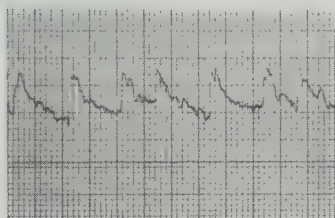


Bulbus rechts

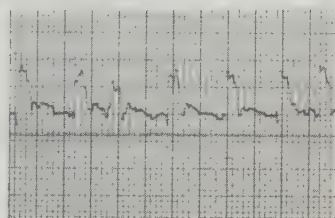
Arteria carotis communis rechts



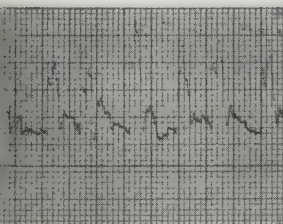
Arteria carotis interna links



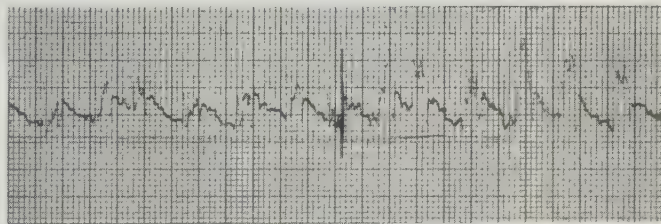
poststenotisch



Arteria carotis interna rechts

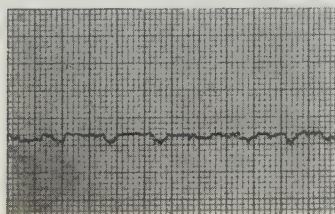


Arteria carotis externa links

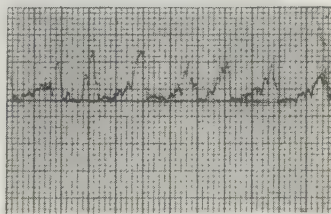


Arteria carotis externa rechts
Stenose

poststenotisch



Arteria frontalis media links



Arteria frontalis media rechts

Abb. 4: Dopplersonographische Kurve bei filiformer Stenose der linken Arteria carotis interna und Stenose der Arteria carotis externa rechts

2. Anamnese

Die 46 Jahre alte Patientin leidet seit 5 Jahren an einem Hyperonus. 3 Wochen vor der Untersuchung erlitt sie einen apoplektischen Insult mit Hemiplegie links und motorischer Aphasie.

Der dopplersonographische Befund lautet:

Physiologisch gerichteter flow der Arteria frontalis media links. Die Arteria frontalis media rechts zeigt eine Strömungsumkehr, wobei die Amplituden bei Kompression der Arteria temporalis superficialis bzw. der Arteria facialis geringer werden, jedoch nicht bis zu einer Nulllinie absinken. Links normale Arteria carotis communis, kein Wirbel oder Stenosesignal. Auf der rechten Seite erniedrigte systolische Amplituden und fast fehlender diastolischer flow der Arteria carotis communis. Ein Signal der Arteria carotis interna nach dem Bulbus ist nicht zu erhalten. Gegenüber links zeigt die Arteria carotis externa rechts etwas höhere systolische und diastolische Amplituden.

Beurteilung:

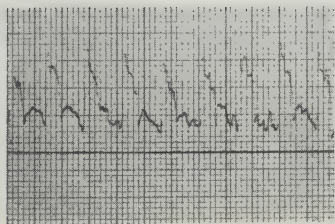
Typischer Befund eines Verschlusses der Arteria carotis interna rechts mit Strömungsumkehr der Arteria frontalis media, die durch Kompression von Externaästen vermindert wird.

Die angiographische Untersuchung ergab folgenden Befund:

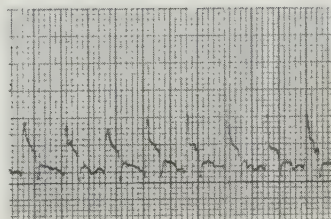
Kompletter Verschluß der rechten Arteria carotis interna im Gabelbereich. Im Anfangsteil der Arteria carotis externa ebenfalls deutliche Wanddiskontinuitäten. Rechte Arteria carotis communis soweit erfaßt mit über die Altersnorm hinausgehenden Wanddiskontinuitäten; diese besonders im Gabelbereich. Subtotale Stenose eines rechtsseitigen Mediaastes. Ansonsten gute Kontrastierung der rechten Arteria cerebri media und anterior über kräftigen Ramus communicans anterior.



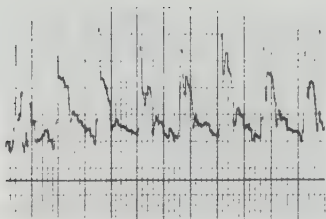
Abb. 5:
Verschluß Arteria carotis interna



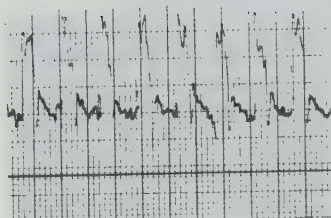
Arteria carotis communis
links



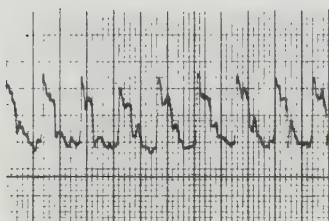
Arteria carotis communis
rechts



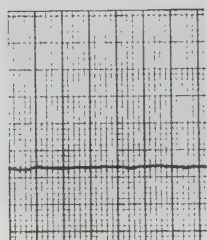
Arteria carotis externa
links



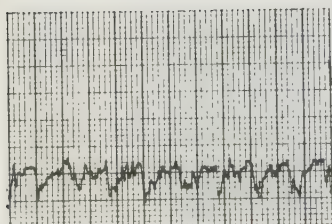
Arteria carotis externa
rechts



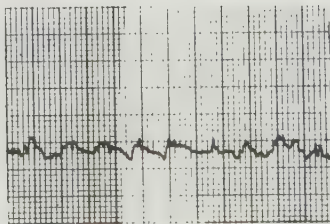
Arteria carotis interna
links



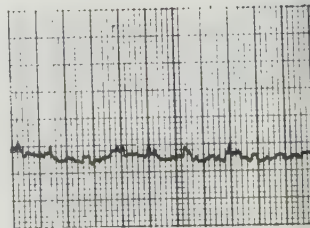
Arteria carotis interna
rechts



Arteria frontalis media
links



Arteria frontalis media
rechts



bei Kompression der Arteria
facialis

Abb. 6: Dopplersonographische Kurve bei Verschluß der rechten
Arteria carotis interna

I Begründung der gewählten Methode

In der Literatur sind verschiedene Methoden und Untersuchungsgänge der Dopplersonographie des Carotiskreislaufs beschrieben worden. Noch vor wenigen Jahren wurde die Untersuchung lediglich der Augengefäße propagiert. Wir haben die oben angegebene Methode gewählt, um eine im normalen Klinikalltag leicht zu handhabende, ungefährliche und möglichst von individuell bedingten Störfaktoren unabhängige Untersuchung zu erproben.

Gegen eine Exploration ausschließlich der Augengefäße spricht, daß nur indirekte Hinweise auf ein pathologisches Geschehen im extracraniellen Carotiskreislauf gewonnen werden. Stenosen unter etwa 60% Lumeneinengung, die sich über der Verengung durch Turbulenzen und das akustisch typische Stenosesignal bemerkbar machen, verändern den flow über der Arteria frontalis media bzw. Arteria ophtalmica oft nur sehr geringfügig und nicht signifikant. Der noch tolerable Seitenunterschied der Frontalis media liegt bei bis zu 40% (2). Geringergradige Stenosen unter der unteren Nachweisgrenze von etwa 60% würden also durch eine nur indirekte Untersuchung mit Beschallung lediglich der Augengefäße nicht erfaßt.

Fälle mit einer gleichzeitigen hochgradigen Stenose oder einem Verschuß der Externa neben einer hochgradigen Internastenose oder einem Verschuß dieses Gefäßes könnten gleichfalls übersehen werden.

Sowohl hochgradige Stenosen als auch Verschlüsse äußern sich oft über den Augengefäßen gleichermaßen in einer Umkehr der Strömungsrichtung, sie sind bei direkter Beschallung des Carotishalsteiles durch ein vorhandenes oder fehlendes Stenosesignal nach der Bifurkation meist zu differenzieren. Eine absolute Sicherheit in der Abgrenzung zwischen hochgradiger Stenose und Verschuß erlaubt auch die direkte Beschallung nicht (17).

Eine weitere Irrtumsmöglichkeit bei lediglich indirekter Untersuchung der Arteria frontalis media besteht in der Kompensation einer hochgradigen Stenose oder eines Verschlusses durch eine kollaterale Versorgung über den Circulus arteriosus Willisi (11). Hier kann allenfalls durch Kompression von Arteria temporalis superficialis oder Maxillaris externa ein Seitunterschied festgestellt werden. Seltene Fehlerquellen sind gesteigerter Hirndruck (11) oder ein retrobulbärer Prozeß, der die Arteria ophtalmica komprimiert. Bei einem unserer Patienten verhinderte ein Glasaugen die Untersuchung der Augengefäße.

Von einer Kompression der Arteria carotis communis bzw. interna wurde wegen der Gefährdung durch Ischämie, möglichem Lösen von Thromben oder durch Auslösung des Carotis-Sinusreflexes bei den häufig älteren Patienten abgesehen. Es wurden Zwischenfälle beschrieben, die bei dieser Technik auftraten (20).

II Technische Schwierigkeiten bei der Untersuchung

Die Beurteilung der Höhe des diastolischen flows in der Arteria carotis communis wurde gelegentlich erschwert durch nicht vermeidbare Überlagerung venöser Gefäße, wodurch sich die aufgezeichnete Kurve nicht vergleichbar auswerten ließ. Hier ist der erfahrene Untersucher wohl lediglich auf den akustischen Eindruck angewiesen. Unabhängig von stenosierenden Prozessen kann eine Aortenklappeninsuffizienz den diastolischen flow in der Arteria carotis communis erniedrigen (8), was neben dem unterschiedlichen akustischen Eindruck durch eine rasch geschriebene Pulskurve differenziert werden kann.

Lediglich bei tachycarden Arrhythmien ist die gesonderte Beurteilung des Blutdurchflusses in der Diastole nur annähernd möglich.

Bei der direkten Beschallung der Halsgefäße wirkt sich der mechanische Faktor einer Struma erschwerend aus, einmal durch Überlagerung der Carotiden, andererseits durch großkalibrige und verlagerte Schilddrüsenarterien. Diese Gefäße können lediglich durch Kompressionsmanöver abgegrenzt werden, bei denen eine Änderung des flows durch Kompression der Schilddrüse registriert wird.

Eine allgemeine Schwierigkeit ergab sich bei betagteren Patienten, die wegen eines hirnnorganischen Psychosyndroms oder höhergradiger Somnolenz mit motorischer Unruhe eine exakte Untersuchung erheblich erschwerten.

III Vergleich der gewonnenen Resultate mit den Ergebnissen der Literatur

1. Trefferquote, positive Korrelation

Den Ergebnissen von BODINGEN (5) mit 88% positiver Korrelation dopplersonographischer und angiographischer Befunde bei einer Lumeneinengung der Interna von 75% und mehr, entsprechen die Ergebnisse unserer Untersuchungen, bei denen sich 83% richtig diagnostizierte hochgradige Stenosen fanden. Ohne genauere Angaben über den Grad der Stenose und auch die Art der Prozesse liegen die Ergebnisse von BONE (2) bei 94%, die von MÜLLER (18) bei 95%, die von KELLER, BAUMGÄRTNER und REGLI (12) bei 90%. Die Quote, die sich bei den letztgenannten Autoren alleine auf die Stenosen bezieht, liegt bei 70%. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit liegen für den Nachweis von Stenosen in Korrelation zum angiographischen Befund bei 78% Übereinstimmung.

2. Lumeneinengung

MÜLLER (16,17) gab eine flow-Minderung bei einer Einengung von 75% und mehr an, eine leichte Stenose (low grade) bei 70%. BRICE und Mitarbeiter (3) fanden 1964 bei Stenosen ein Restlumen unter 4-6 qmm, was einer flow-Minderung von 90% entspricht. Nach KELLER und BEUMGÄRTNER (11) läßt sich eine Stenose bereits bei einer Querschnittsverminderung auf 8-12 qmm feststellen.

Eigene Angaben hierzu ließen sich mit dieser Genauigkeit anhand der routinemäßig durchgeführten Angiographien nicht erstellen.

3. Beurteilungskriterien

GADO und MARSHALL (10) geben die Häufigkeit einer Strömungsumkehr der Arterien bei einem Verschluss der Arteria carotis interna mit 76% an; MÜLLER (17) erhob diesen Befund in 82% oder bei 31 von 37 Fällen eines Internaverschlusses. 5mal war die Strömungsrichtung nicht festzustellen, entsprechend einer registrierten Nulllinie; einmal war die Durchblutungsrichtung physiologisch.

Bei unseren Untersuchungen ergaben sich in 82% der Internaverschlüsse (bei 14 Patienten) deutliche Seitunterschiede des flows der Augengefäße, die sich in Strömungsumkehr oder Erniedrigung des flows oder nicht registrierbarer Strömungsrichtung entsprechend einer Nulllinie der Arteria frontalis media ausdrückten.

Bei hochgradigen Stenosen war die Strömungsrichtung bei MÖLLER (17) an 9 von 20 Patienten umgekehrt gerichtet. Bei den weiteren 11 Patienten waren die registrierten Amplituden bei physiologischer Strömungsrichtung reduziert oder wurde eine Nulllinie registriert. In unserem Untersuchungsgut hochgradiger Stenosen war die Strömungsrichtung in 60% (bei 3 Patienten) umgekehrt, in 40% (2 Patienten) physiologisch gerichtet, aber stark erniedrigt oder eine Strömungsrichtung nicht zu registrieren.

Im Verlauf unserer Untersuchungen mit dem Ultraschall-dopplersonographen konnte auf alle Patienten mit einem höhergradigen extracraniellen stenosierenden Gefäßprozeß aufmerksam gemacht werden, es bestand hier eine zu 100% positive Korrelation zum angiographischen Befund. Der dopplersonographische Befund wurde immer dann bestätigt, wenn nur an einer Internastrombahn höhergradige Veränderungen aufgetreten waren. Bei 7 Patienten wurde zu dem dopplersonographisch erhobenen Befund einer Seite angiographisch zusätzlich ein schwerwiegender pathologischer Befund auf der Gegenseite festgestellt. Bei der Diskussion unserer Ergebnisse mit anderen Untersuchungsteams erfuhren wir, daß sich diese hohe Fehlerzahl hätte verringern oder ganz vermeiden lassen, wenn bei allen Patienten mit pathologischem dopplersonographischen Befund eine Kompression von Arteria temporalis superficialis und Maxillaris externa auch der Gegenseite durchgeführt worden wäre. Diese Zusatzuntersuchungen sind bei entsprechender Übung nicht sehr zeitaufwendig.

Die Annahme, eine Stenose sei ohne weiteres mit dem Stethoskop zu auskultieren, ein Strömungsgeräusch über der Carotis stets als Stenosehinweis zu bewerten, konnten wir durch die Auswertung von Auskultationsbefunden im Vergleich zu den dopplersonographischen Befunden entwerfen. Nur 20% aller Strömungsbehinderungen wurden auskultatorisch oder palpatorisch registriert. Die Befunde eines Strömungsgeräusches können falsch positiv oder auch falsch negativ sein, d.h., nicht selten handelt es sich um das Strömungsgeräusch einer Externastenose. Die hochgradigen Internastenosen sind schwer oder nicht auskultierbar, andererseits auch nicht mit letzter Sicherheit dopplersonographisch zu erfassen (18).

Zusammenfassend konnten wir mit der durchgeführten Fallstudie zeigen, daß mit einer nicht invasiven und nicht traumatisierenden Untersuchung wesentliche Befunde gewonnen werden können, die für die weitere Diagnostik und Therapie richtungsweisend sind.

Die Dopplersonographie erscheint unter Beachtung der angegebenen Kriterien durchaus als Screeningmethode geeignet bei Kranken mit einem cerebralen Insult, aber auch bei einer prophylaktischen Routineuntersuchung. Sie ist nicht in der Lage eine Angiographie zu ersetzen, wohl aber die Indikation hierfür mit zu bestimmen.

Gemeinsam mit P. LEHMANN wurden 200 Kranke mit einem cerebralen Insult dopplersonographisch untersucht. 60 von ihnen wurden auch angiographiert.

Die vorliegende Studie befaßt sich mit der Frage nach der Wertigkeit der Dopplersonographie für die Diagnose von extracraniellen Stenosen und/oder Verschlüssen der Arteria carotis interna im Vergleich mit den angiographischen Befunden.

Nach einleitender Darlegung der Untersuchungs-Technik und des Krankengutes werden die gewonnenen Befunde verglichen. Von 60 Kranken hatten 30 pathologische Veränderungen (18 Stenosen und 20 Verschlüsse). Dabei ergab sich eine Übereinstimmung der beiden Methoden bei hämodynamisch relevanten Stenosen von 78%, bei Verschlüssen von 85% und bei unauffälligen Angiogrammen von 100%. Bei 16 bilateralen Befunden (8 Patienten) lag die Übereinstimmung nur bei 56% (9 positive dopplersonographische Befunde).

In 4 Fällen mit Schlingenbildung konnten diese 3mal dopplersonographisch nachgewiesen werden.

Die technischen Schwierigkeiten, insbesondere bei bds. Prozessen werden im einzelnen dargelegt und ihre Überwindung diskutiert. Eine Verbesserung der Übereinstimmung zwischen Dopplersonographie und Angiographie ist möglich durch Kompression der Arteria temporalis superficialis und der Arteria Maxillaris externa. Diese Kompressionsversuche wurden in der vorliegenden Studie zunächst nicht regelmäßig durchgeführt.

Die vorgelegten Ergebnisse stimmen mit den Befunden anderer Autoren überein. Die Dopplersonographie erscheint somit als Screening-Methode für den Nachweis hämodynamisch relevanter Stenosen und/oder Verschlüsse im extracraniellen Abschnitt der Arteria carotis voll geeignet, zumal sie für den Kranken risikolos ist und beliebig reproduzierbar.

Aufstellung über die 32 Patienten mit
pathologischen Untersuchungsergebnissen

Geschlecht	Alter	Neurologie	Angiographischer Befund	Dopplersonographischer Befund
weiblich	74	progressive stroke	Arteria carotis interna links: filiforme Stenose 1 cm nach der Bifurcation; poststenotische Ausweitung, intracraniall: o. B. Arteria carotis externa rechts: Abgangsstenose	Arteria carotis communis links: ohne diastolischen flow Arteria carotis interna links: Wirbel, Stenosegeräusch, poststenotisch verminderter flow Arteria frontalis media links: Strömungsumkehr Arteria carotis externa nach dem Abgang deutliches Stenosegeräusch
weiblich	46	Hirnfarkt	Arteria carotis interna rechts: Verschluß des Lumens	Arteria carotis communis rechts: beginnendes Wirbelgeräusch, in der Arteria carotis interna stärker werdend und plötzlicher Abbruch des flows Arteria carotis frontalis media rechts: flow-Umkehr, bei Kompression: Nulllinie
weiblich	50	Hirnfarkt	Verschluß der Arteria carotis interna links	Arteria carotis communis links: verminderter flow Arteria carotis interna links: ohne Signal
männlich	59	Hirnfarkt	Arteria carotis interna rechts: Verschluß, umgekehrte Durchströmung der Arteria ophtalmica rechts	Arteria carotis communis rechts: erniedrigter flow Arteria carotis interna rechts: ohne Signal

Geschlecht	Alter	Neurologie	Angiographischer Befund	Dopplersonographischer Befund
männlich	35	Hirninfarkt	Verschluß der rechten Arteria carotis communis am Abgang vom truncus brachiocephalicus. Subtotale Stenose der Arteria cerebri media links	Arteria carotis interna rechts: ohne Signal Arteria frontalis media rechts: extrem verminderter flow Arteria carotis communis links: verminderter flow
weiblich	62	Hirninfarkt	Arteria carotis interna links: leichte Abgangsstenose, atheromatöse Auflagerungen, vermehrte Schlingelung rechts: ohne pathologischen Befund	Arteria carotis interna links: Stenosesignal und Wirbelgeräusch, anschließend erniedrigt
männlich	54	Hirninfarkt	Arteria carotis interna links: Verschluß Arteria carotis interna rechts: Stenose im Gabelbereich	Arteria carotis communis links: Stenosegeräusch Arteria carotis interna links: keine Kurve! Arteria frontalis media links: flow erniedrigt rechts: nur Wirbelbildung im Gabelbereich, sonst o.B.
weiblich	65	TIA	Arteria carotis communis links: Wanddiskontinuitäten Arteria carotis interna links: 2 cm nach Abgang Stenose (Lumeneinengung auf 1/4) Arteria carotis interna rechts: Kompletter Verschluß. Arteria carotis externa: Abgangsstenosierung	Arteria carotis interna links: Wirbelbildung mit nachfolgender flow-Minderung Arteria frontalis media entspricht fast einer Nulllinie. Arteria carotis communis rechts: flow vermindert, an der Bifurkation Wirbelgeräusch Arteria carotis interna: o.B. Arteria frontalis media: flow-Umkehr, bei Kompression: Nulllinie

Geschlecht	Alter	Neurologie	Angiographischer Befund	Dopplersonographischer Befund
männlich	73	Hirninfarkt	Arteria carotis interna rechts: Verschuß des Lumens Arteria carotis interna links: Stenosierung	Arteria carotis externa rechts höher links Arteria carotis interna links: typisches Stenosegeräusch, poststenotisch erniedrigter flow Arteria frontalis media links: flow-Umkehr, bei Kompression physiologischer flow
weiblich	54	Kopfweh	Verschuß der rechten Arteria carotis interna	Arteria carotis interna rechts: fehlender flow Arteria carotis externa: gesteigerter flow.
männlich	68	progressive stroke	An der linken Carotidsgabel Plaques, danach Verdacht auf Stenose	Arteria frontalis media links: erniedrigter flow
männlich	47	Hirninfarkt	Verdacht auf Hypoplasie der linken Arteria carotis communis, filiforme Stenose im Endteil	Arteria carotis communis links: unklarer Befund Arteria carotis interna links: ohne Signal Arteria carotis externa links: vermehrter flow Arteria frontalis media: verminderter flow
männlich	57	progressive stroke	Verschuß der rechten Arteria carotis interna im Gabelbereich	Arteria carotis interna rechts: ohne Signal Arteria carotis externa: deutlich vermehrter flow Arteria frontalis media rechts: Umkehr des flows, bei Kompression: Nulllinie

Geschlecht	Alter	Neurologie	Angiographischer Befund	Dopplersonographischer Befund
männlich	48	Hirninfarkt	Verschluß der linken Arteria carotis interna. Gute Kollateralisation	Arteria carotis communis links: Wirbelgeräusch Arteria carotis interna links: ohne Signal Arteria frontalis media: kein flow
männlich	46	Hirninfarkt	Verschluß der Arteria carotis communis rechts. Arteria carotis links: subtotal verschlossen. Keine Kollateralisation über die Arteria ophtalmica	Rechte Arteria carotis communis und interna: ohne Signal Arteria frontalis media: erniedrigter flow, ohne Umkehr Arteria carotis communis rechts: erniedrigter flow, sonst unauffällig
weiblich	57	TIA	im Carotisgabelbereich rechts geringe Lumeneinengung und Wanddiskontinuitäten	Arteria carotis interna rechts erniedrigter flow
männlich	52	PRIND	Verschluß der Arteria carotis interna rechts diskrete Stenosierung der Arteria carotis interna links ohne Kollaterale	Arteria carotis communis rechts: verminderter flow, verbreiterte Kurve, Wirbelgeräusch Arteria carotis interna ohne Signal, sonst unauffällig
weiblich	76	Hirninfarkt	Arteria carotis communis rechts Wanddiskontinuitäten und Schlingendung. Intracranieell Tumor im Gebiet der Arteria cerebri anterior	Arteria carotis communis rechts: diastolischer flow vermindert Arteria frontalis media: verminderter flow, bei Kompression physiologisch

Geschlecht	Alter	Neurologie	Angiographischer Befund	Dopplersonographischer Befund
männlich	65	organische Wesensver- änderung	Verschuß der linken Arteria carotis interna. Stenose der rechten Arteria carotis interna. Stenose der linken Arteria vertebralis	Arteria carotis communis links: stark verminderter flow. Arteria carotis interna links: ohne Signal Arteria carotis externa links: vermehrter flow Arteria frontalis media links: flow-Umkehr, bei Kompression: Nulllinie. rechte Carotidsgabel Wirbelgeräusch; über der Stenose vermehrter flow (= leichter Stenose).
männlich	77	progressive stroke	Verschuß der rechten carotis interna 2 cm nach Abgang. Arteria carotis externa rechts schlagkräftig	Arteria carotis interna rechts: nur kurz verfolgbar mit vermin- dertem flow, Wirbelgeräusch, Abbruch des flows. rechts: Glasauge
männlich	51	PRIND	subtotale Stenose der rechten Arteria carotis interna. Arteria vertebralis links: Abgangsstenose	Arteria carotis interna Wirbelbildung Arteria frontalis media flow-Umkehr!
männlich	71	PRIND	atheromatische Wandveränderungen. Kaliberschwankung der Arteria carotis interna links, besonders im Anfangsteil der Arteria cere- bri anterior	Arteria carotis communis links: diastolischer flow vermindert Arteria carotis interna links: stark verminderter flow mit Wirbel- geräusch Arteria carotis externa: flow gesteigert Arteria frontalis media: flow vermindert

Geschlecht	Alter	Neurologie	Angiographischer Befund	Dopplersonographischer Befund
männlich	48	TIA	Verschluß der linken Arteria carotis interna. Arteria cerebri anterior links und Arteria cerebri media werden von rechts versorgt	Arteria carotis communis links: verminderter flow Arteria carotis interna links: ohne Signal Arteria carotis externa links: etwas gesteigerter flow Arteria frontalis media: nur akustisch wahrzunehmen
männlich	48	TIA	Verschluß der linken Arteria carotis interna 1 cm nach der Bifurcation	Arteria carotis interna links: ohne Signal! Arteria carotis externa: gesteigerter flow. Umkehr im flow der Arteria frontalis media.
männlich	63	Hirninfarkt	rechte Arteria carotis interna mit engem Kaliber. Allgemein atheromatöse Gefäßveränderungen	Lokales Stenosezeichen über der rechten Arteria carotis interna, ohne hämodynamische Wirksamkeit
männlich	64	TIA	rechte Arteria carotis interna stenosierte. Lumeneinengung auf 1/3 durch atheromatöse Plaques. Linke Arteria carotis interna: Verschluß 1 cm nach der Bifurcation	rechts: unauffälliger Befund Arteria carotis communis links: verminderter flow. Arteria carotis interna links: ohne Signal. Arteria carotis externa links: gesteigerter flow. Arteria frontalis media links: flow-Umkehr. Bei Kompression: Nulllinie

Geschlecht	Alter	Neurologie	Angiographischer Befund	Dopplersonographischer Befund
weiblich	65	TIA	Schlängelung der rechten Arteria carotis interna und Kaliberschwankung	Arteria carotis interna rechts: schlingenförmiger Verlauf
männlich	74	Infarkt	mäßige Einengung der linken Arteria carotis interna über dem Siphon und extracranieell. rechte Arteria carotis interna: diskrete Lumeneinengung	Arteria carotis interna links: Stenosegeräusch, ohne hämodynamische Wirksamkeit
weiblich	37	Hirninfarkt	Verschluß der linken Arteria carotis interna. Verdacht auf Verschluß der linken Arteria cerebri media. Verschluß der rechten Arteria carotis interna	Arteria carotis communis: diastolischer flow vermindert Arteria carotis interna links: ohne Signal Arteria frontalis media: umgekehrter flow, bei Kompression physiologisch. rechte Arteria frontalis media stark erniedrigt
männlich	42	Hirninfarkt	Verschluß der linken Arteria cerebri media	Arteria frontalis media links: um 40% gesteigerter flow
männlich	41	Hirninfarkt	Verschluß der linken Arteria cerebri media	deutlich gesteigerter flow der linken Arteria cerebri media
männlich	53	progressive stroke	Arteria carotis interna links: filiforme Abgangsstenose	Arteria carotis communis links: verminderter flow Arteria carotis interna links: direkt über der Stenose Amplitudenvergrößerung, poststenotisch erniedrigter Arteria frontalis media: Umkehr, bei Kompression physiologisch

- 1 Acheson, J. Hutchinson, E.C.:
The natural history of focal cerebral vascular disease.
Quart. J. Med. 40 (1971) 15
- 2 Borne, G.E., Barnes, R.W.:
Clinical implications of the Doppler cerebro-vascular examination: a correlation with angiographie.
Stroke 7 (1976) 271
- 3 Brice, J.G., Dowsett, D.T., Lowe, R.D.:
Haemodynamic effects of carotid artery stenosis.
Brit. med. J. II (1964) 1363-1366
- 4 Brinker, R.A., Landiss, D.J., Crally, F.:
Detection of carotid artery bifurcation stenosis by Doppler ultra sound.
J. Neurosurg 29 (1968) 143-148
- 5 Büdingen, H.J., Hameric, K., Voigt, K., Kendel, K., Freund, H.J.:
Die Diagnostik von Stenosen und Verschlüssen der Arteria carotis interna mit der direktionellen Dopplersonographie der Arteria frontalis medialis.
Deutsch med. Wschr. 101 (1976) 269
- 6 Decker, K., Backmund, H.:
Angiographie des Hirnkreislaufs
Nürnberg Sandoz-Monographien: 1968
- 7 Doppler, C.:
Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels.
Abh. Kgl. böhm. Ges. d. Wissenschaft, Prag (1847) 465-482

- 8 Dorndorf, W.:
Schlaganfälle
Stuttgart: Thieme, 1975

- 9 Franklin, D.L., Schlegel, W., Rushmer, R.F.:
Blood flow measured by Doppler frequency shift
of backscattered ultrasound.
Science 134 (1961) 564-565

- 10 Gado, M., Marshall, J.:
Clinico-radiological study of collateral
circulation after internal carotid and middle
cerebral occlusion.
J. Neurol. Neurosurg. Psychiatr. 34 (1971) 163-170

- 11 Keller, H., Baumgartner, G.:
Doppler-Ultraschallsonographie
eine nicht belastende Untersuchungsmethode zur
Diagnose und Therapiekontrolle von Karotisstenosen.
Schweiz. med. Wschr. 104 (1974) 1281-1291

- 12 Keller, H., Baumgartner, G., Regli, F.:
Carotisstenosen und Occlusionen.
Diagnose durch percutane Ultraschall-doppler-
sonographie.
Dtsch. med. Wschr. 98 (1973) 1691-1698

- 13 Maroon, J.C., Pieroni, D.W., Campbell, R.L.:
Ophthalmosonometry, an ultrasonic method for
assessing carotid blood flow.
J. Neurosurg. 30 (1969) 238-246

- 14 Myazali, M., Kato, K.:
Measurements of cerebral flow by ultrasonic
Doppler technique.
Jap. Circul. J. 29 (1965) 375-382

- 15 Moniz, E.:
L'encéphalographie artérielle, son importance
dans la localisation des tumeurs cérébrales.
Rev. neurol 2 (1927) 72
- 16 Müller, H.R.:
Direktionelle Doppler-Sonographie der Arteria
frontalis medialis.
Z. EEG-EMG 2 (1971) 24-32
- 17 Müller, H.R.:
Directional Doppler-Sonography. A new technique
to demonstrate flow reversal in the ophtalmique
art. ery. Neuroradiology 5 (1973) 91-94
- 18 Müller, H.R.:
Dopplersonographie der Karotis-Strombahn
Internist 17 (1976) 570-579
- 19 Müller, H.R. and Gonzalez, R.R.Jr.:
Evaluation of cranial blood flow with ultrasonic
Doppler technique.
Ultrasonic and Medicine Z 63484
- 20 Nelson, D.A., Mahru, M.M.:
Death following digital carotid arteryocclusion.
Arch. Neurol. 8 (1963) 640-643
- 21 Ortega-Suhrkamp, E.:
Dopplersonographie hirnversorgender Arterien.
Arbeitstagung in Freiburg 15./16. Juli 1978
- 22 Pasch, Th., Bauer, R.D., Grube, F.O., Wetterer, E.:
Erfahrungen mit einem Ultraschall-Doppler-Meßgerät
zur transcutanen Registrierung der Blutströmungs-
geschwindigkeit am Menschen.
Verl. der dt. Ges. für Kreislaufforschung 37
(1971) 370-376

- 23 Planiol, Th., Pourcelot, L.:
Doppler-effect study of the carotid circulation.
S. 105-109 in: Ultrasonic and Medicine Z 63484/309
M. de Vlieger, O.N. White, V.R. Mc Cready
- 24 Planiol, Th. Pourcelot, L., Poltier, J.M.,
Degiovanni, E.:
Etude de la circulation carotidienne par les méthodes
ultrasoniques et la thermographie.
Rev. Neurol 128/2 (1972) 127-141
- 25 Pourcelot, L.:
Nouveau débitmètre sanguine à effet Doppler.
In: Proceedings of the 1st World Congress on
Ultrasonic Diagnostics in Medicine, Vienna,
June 2-7, 1969
Verlag der Wiener Med. Akademie, Wien 1969
- 26 Ruggiero, G.:
Evolution de la technique de l'angiographie
cérébrale.
J. Radiol. Electrol. 46 (1965) 595
- 27 Satomura, S.:
Study of flow patterns in peripheral arteries
by ultrasonics.
J. aconst. Soc. (Japan) 15 (1959) 151
- 28 Satomura, S., Kaneko, Z.:
Ultrasonic blood rheograph.
Procee. 3rd Intern. Conf. Med. Elektron. London
(1960) 254

Lebenslauf

Ich, Gisela Roemer, wurde am 18. Dezember 1953 in München, als Tochter von Dr. Max und Frau Lieselotte Plantiel, geboren.

Nach vierjährigem Volksschulbesuch in der Amalienschule in München von 1960 bis 1964, trat ich in das Gymnasium der Armen Schulschwestern am Anger ein, das ich 1973 mit dem Abitur verließ.

Im November 1973 begann ich an der Ludwig-Maximilians-Universität in München Medizin zu studieren, absolvierte 1975 die Ärztliche Vorprüfung, 1976 den ersten, 1978 den zweiten und im Oktober 1979 den letzten Teil der Ärztlichen Prüfung.

Am 1. Januar 1980 trat ich eine Assistentenstelle auf der 3. Medizinischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses an.

Seit Dezember 1977 bin ich verheiratet. Mein Mann ist Jurist.

